

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

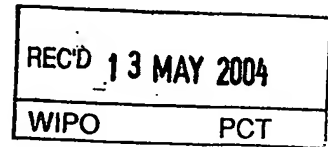
19.3.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 3月25日  
Date of Application:

出願番号 特願2003-083375  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP2003-083375]



出願人  
Applicant(s):

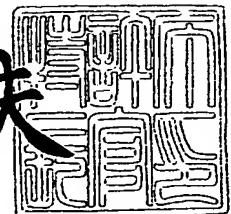
京都大学長  
日本電信電話株式会社  
バイオニア株式会社  
株式会社日立製作所  
三菱化学株式会社  
ローム株式会社

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 4月22日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 RHM03-092

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H05B 33/26  
H05B 33/14

【発明の名称】 発光素子及び有機エレクトロルミネセンス発光素子

【請求項の数】 24

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市左京区吉田本町 3 6 の 1 番地 京都大学内

【氏名】 野田 進

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市左京区吉田本町 3 6 の 1 番地 京都大学内

【氏名】 浅野 卓

【特許出願人】

【持分】 001/006

【識別番号】 391012442

【氏名又は名称】 京都大学長

【特許出願人】

【持分】 001/006

【識別番号】 000004226

【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【特許出願人】

【持分】 001/006

【識別番号】 000005016

【氏名又は名称】 パイオニア株式会社

【特許出願人】

【持分】 001/006

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

## 【特許出願人】

【持分】 001/006  
【識別番号】 000005968  
【氏名又は名称】 三菱化学株式会社

## 【特許出願人】

【持分】 001/006  
【識別番号】 000116024  
【氏名又は名称】 ローム株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100119677  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 岡田 賢治  
【電話番号】 03-3575-2752

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100115794  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 今下 勝博

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 202154  
【納付金額】 17,500円

【その他】 国以外のすべての者の持分の割合 5 / 6

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光素子及び有機エレクトロルミネセンス発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に、少なくとも、発光層を有する発光素子であって、該基板の内部、該発光層の内部、該基板と外部との界面、該基板と該発光層の界面、該発光層と外部との界面のうち少なくとも 1 に導波モードから放射モードへ変換するモード変換手段を備える発光素子。

【請求項 2】 基板上に、少なくとも、発光層と 1 以上の導波層とを有する発光素子であって、該基板の内部、該発光層の内部、該導波層の内部、該基板と該基板の外部との界面、該基板と該発光層との界面、該発光層と該発光層の外部との界面、該基板と該導波層との界面、該発光層と該導波層との界面、該導波層と該導波層の外部との界面、又は該導波層と該導波層との界面のうち少なくとも 1 に導波モードから放射モードへ変換するモード変換手段を備える発光素子。

【請求項 3】 基板上に、少なくとも、第一の電極と、有機エレクトロルミネセンス層と、該第一の電極に対向する第二の電極と、を有する有機エレクトロルミネセンス発光素子であって、該基板の内部、該第一の電極の内部、該有機エレクトロルミネセンス層の内部、該第二の電極の内部、該基板と該基板の外部との界面、該基板と該第一の電極との界面、該第一の電極と該有機エレクトロルミネセンス層との界面、該有機エレクトロルミネセンス層と該第二の電極との界面、又は該第二の電極と該第二の電極の外部との界面のうち少なくとも 1 に導波モードから放射モードへ変換するモード変換手段を備える有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項 4】 基板上に、少なくとも、第一の電極と、有機エレクトロルミネセンス層と、該第一の電極に対向する第二の電極と、を有し、かつ、該基板上のいずれかに 1 以上の導波層を有する有機エレクトロルミネセンス発光素子であって、該基板の内部、該第一の電極の内部、該有機エレクトロルミネセンス層の内部、該第二の電極の内部、該導波層の内部、該基板と該基板の外部との界面、該基板と該第一の電極との界面、該第一の電極と該有機エレクトロルミネセンス層との界面、該有機エレクトロルミネセンス層と該第二の電極との界面、該第二の

電極と該第二の電極の外部との界面、該基板と該導波層との界面、該第一の電極と該導波層との界面、該有機エレクトロルミネセンス層と該導波層との界面、該第二の電極と該導波層との界面、該導波層と該導波層の外部との界面、又は該導波層と該導波層との界面のうち少なくとも 1 に導波モードから放射モードへ変換するモード変換手段を備える有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項 5】 透明基板上に、少なくとも、透明電極と、有機エレクトロルミネセンス層と、該透明電極に対向する金属電極と、を順に有する有機エレクトロルミネセンス発光素子であって、該透明基板の内部、該透明電極の内部、該有機エレクトロルミネセンス層の内部、該金属電極の内部、該透明基板と該透明基板の外部との界面、該透明基板と該透明電極との界面、該透明電極と該有機エレクトロルミネセンス層との界面、該有機エレクトロルミネセンス層と該金属電極との界面、又は該金属電極と該金属電極の外部との界面のうち少なくとも 1 に導波モードから放射モードへ変換するモード変換手段を備える有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項 6】 透明基板上に、少なくとも、透明電極と、有機エレクトロルミネセンス層と、該透明電極に対向する金属電極と、を順に有し、かつ、該透明基板上のいずれかに 1 以上の導波層を有する有機エレクトロルミネセンス発光素子であって、該透明基板の内部、該透明電極の内部、該有機エレクトロルミネセンス層の内部、該金属電極の内部、該導波層の内部、該透明基板と該透明基板の外部との界面、該透明基板と該透明電極との界面、該透明電極と該有機エレクトロルミネセンス層との界面、該有機エレクトロルミネセンス層と該金属電極との界面、該金属電極と該金属電極の外部との界面、該透明基板と該導波層との界面、該透明電極と該導波層との界面、該有機エレクトロルミネセンス層と該導波層との界面、該金属電極と該導波層との界面、該導波層と該導波層の外部との界面、又は該導波層と該導波層との界面のうち少なくとも 1 に導波モードから放射モードへ変換するモード変換手段を備える有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項 7】 前記モード変換手段が、1次元、2次元、又は3次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造であることを特徴とする請求項 3 から 6 に記載の有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項 8】 前記規則性は前記有機エレクトロルミネセンス層で発光する光の実効波長程度の周期であることを特徴とする請求項 7 に記載の有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項 9】 前記規則性は前記有機エレクトロルミネセンス層で発光する光の実効波長程度の周期に対して周期の 4 分の 1 以下のゆらぎを持つことを特徴とする請求項 7 に記載の有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項 10】 前記規則性は前記有機エレクトロルミネセンス層で発光する光の実効波長程度の周期と、実効波長程度の周期に対して周期の 4 分の 1 以下のゆらぎと、が混在していることを特徴とする請求項 7 に記載の有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項 11】 前記規則性は周期が徐々に変化することを特徴とする請求項 7 に記載の有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項 12】 前記 2 次元の方向に規則性のある屈折率分布が正方格子配置、三角格子配置、ハニカム格子配置、若しくは有限個数の単位要素で平面を埋め尽くすことのできる配置、又はこれらの組み合わせであることを特徴とする請求項 7 に記載の有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項 13】 前記規則性のある屈折率分布がこれを設けない場合の材料の有する屈折率よりも高い屈折率を有する材料で形成されていることを特徴とする請求項 7 に記載の有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項 14】 前記高い屈折率を有する材料が、前記有機エレクトロルミネセンス層で発光する光に対して透過性を有することを特徴とする請求項 13 に記載の有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項 15】 前記規則性のある屈折率分布がこれを設けない場合の材料の有する屈折率よりも低い屈折率を有する材料で形成されていることを特徴とする請求項 7 に記載の有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項 16】 前記低い屈折率を有する材料が、前記有機エレクトロルミネセンス層で発光する光に対して透過性を有することを特徴とする請求項 15 に記載の有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項 17】 前記低い屈折率を有する材料が気体であることを特徴とする

請求項15に記載の有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項18】 前記気体が空気又は不活性ガスであることを特徴とする請求項17に記載の有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項19】 前記基板と前記基板の外部との界面、前記基板と前記第一の電極との界面、前記第一の電極と前記有機エレクトロルミネセンス層との界面、前記有機エレクトロルミネセンス層と前記第二の電極との界面、又は前記第二の電極と前記第二の電極の外部との界面に備える前記光学的構造が、1次元又は2次元の方向に規則性のある界面の凹凸で構成されていることを特徴とする請求項7に記載の有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項20】 前記基板と前記基板の外部との界面、前記基板と前記第一の電極との界面、前記第一の電極と前記有機エレクトロルミネセンス層との界面、前記有機エレクトロルミネセンス層と前記第二の電極との界面、前記第二の電極と前記第二の電極の外部との界面、前記基板と前記導波層との界面、前記第一の電極と前記導波層との界面、前記有機エレクトロルミネセンス層と前記導波層との界面、前記第二の電極と前記導波層との界面、前記導波層と前記導波層の外部との界面、又は前記導波層と前記導波層との界面に備える前記光学的構造が、1次元又は2次元の方向に規則性のある界面の凹凸で構成されていることを特徴とする請求項7に記載の有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項21】 前記透明基板と前記透明基板の外部との界面、前記透明基板と前記透明電極との界面、前記透明電極と前記有機エレクトロルミネセンス層との界面、前記有機エレクトロルミネセンス層と前記金属電極との界面、又は前記金属電極と前記金属電極の外部との界面に備える前記光学的構造が、1次元又は2次元の方向に規則性のある界面の凹凸で構成されていることを特徴とする請求項7に記載の有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項22】 前記透明基板と前記透明基板の外部との界面、前記透明基板と前記透明電極との界面、前記透明電極と前記有機エレクトロルミネセンス層との界面、前記有機エレクトロルミネセンス層と前記金属電極との界面、前記金属電極と前記金属電極の外部との界面、前記透明基板と前記導波層との界面、前記透明電極と前記導波層との界面、前記有機エレクトロルミネセンス層と前記導波

層との界面、前記金属電極と前記導波層との界面、前記導波層と前記導波層の外  
部との界面、又は前記導波層と前記導波層との界面に備える前記光学的構造が、  
1次元又は2次元の方向に規則性のある界面の凹凸で構成されていることを特徴  
とする請求項7に記載の有機エレクトロルミネセンス発光素子。

【請求項23】 前記有機エレクトロルミネセンス層が領域によって異なる発  
光波長を有することを特徴とする請求項7に記載の有機エレクトロルミネセンス  
発光素子。

【請求項24】 前記変換手段が、前記異なる発光波長に対応した1次元、2  
次元、又は3次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造であること  
を特徴とする請求項23に記載の有機エレクトロルミネセンス発光素子。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、光取り出し効率の高い発光素子に関する。特に、有機エレクトロル  
ミネセンス（以後、「エレクトロルミネセンス」を「EL」と略記する。）発光  
素子において、有機EL層で発光した光の光取り出し効率の高い発光素子に関す  
る。

#### 【0002】

#### 【従来の技術】

有機EL発光素子は自発光素子として、ディスプレイ等の映像表示装置や面光  
源としての期待が高い。有機EL発光素子を映像表示装置として使用する場合は  
、単一色で発光するパートカラー方式や、赤色（R）、緑色（G）、青色（B）  
の3原色で発光する領域を持つフルカラー方式がある。面光源として使用する場  
合は、薄膜状として構成する。

#### 【0003】

このような有機EL発光素子は、一般的には、ガラス基板等の透明基板上に陽  
極である透明電極と、有機EL層と、陰極である金属電極を順に積層して作製さ  
れる。透明電極と金属電極との間で印加された電圧により、陰極から供給された  
電子と陽極から供給されたホールとが有機EL層で再結合し、これに伴って生成



される励起子が励起状態から基底状態へ移行する際にEL発光する。EL発光した光は透明電極を透過し、透明基板の側から外部に取り出される。

#### 【0004】

このような有機EL発光素子では、光取り出し効率が低いことが予想される。即ち、透明電極として使用されるITO (Indium Tin Oxide) の屈折率が透明基板として使用されるガラス基板の屈折率1.5よりも高い2.0程度であることから、透明電極からガラス基板へ向かう光の大部分が透明電極近傍を伝搬する透明電極導波モードとなって、透明電極からガラス基板に放射されない。図1は透明電極に閉じ込められた透明電極導波モードの電界分布のシミュレーション結果を示す。図1において、金属電極からの距離に応じて、有機EL層であるAlq3、PVKに続いて、ITO、ガラス基板の屈折率分布を破線で示し、発光波長524nmの光の透明電極導波モードの電界強度を実線で示す。図1から分かるように、実効波長程度の染み出しは認められるものの、透明電極導波モードは屈折率の高いITOに閉じ込められて外部に取り出せないことが分かる。

#### 【0005】

さらに、空気の屈折率1.0に比較してガラス基板の屈折率が1.5程度と高いことから、透明電極からガラス基板へ向かう光の大部分がガラス基板内を伝搬する透明基板導波モードとなって、ガラス基板から空気中に放射されない。結果として、有機EL層で発光した光の大部分は、透明電極導波モードや透明基板導波モードとなり、光取り出し効率が低くなる。

#### 【0006】

なお、本願において、光取り出し効率とは、有機EL層で発光したフォトンに対して有機EL発光素子の外部に取り出せるフォトンの割合をいう。

#### 【0007】

また、本願において、導波モードとは、導波路内を伝搬する電磁波の状態をいう。放射モードとは、導波路内に局在しない電磁波の状態をいう。

#### 【0008】

実際の光取り出し効率は測定が困難であるため、その算出はシミュレーションに頼らざるを得ない。しかし、透明電極や有機EL層の厚さが有機EL層で発光

する光の実効波長と同程度かそれよりも薄いため、単純な幾何光学的な手法では誤差の大きいことが知られている。そのため、幾何光学以外にも各種の計算方法が試みられている。発明者らは、有限時間領域差分法を用いてシミュレーションした結果、透明電極の層厚を50nmから200nmまで、有機EL層の層厚を20nmから80nmまで変化させても、透明電極導波モードは有機EL層で発光した光の40～50%、透明基板導波モードは25～35%程度であり、ガラス基板から放射される光の光取り出し効率は15～30%程度であることを明らかにした。

#### 【0009】

なお、本願において、実効波長とは、伝搬媒質内の光の波長をいい、  
実効波長＝真空中での波長／伝搬媒質の屈折率  
で表される。

#### 【0010】

従来、有機EL発光素子で光取り出し効率を改善する方法として、透明電極と透明基板の境界に集光用レンズを設けた技術が開示されている（例えば、特許文献1参照）。透明電極と透明基板の境界に集光用レンズを設けた従来技術を図2に示す。81はガラス基板、82は透明電極、83は有機EL層、84は集光用レンズである。これは、光角度変換手段としての複数個の集光用レンズ84によって、有機EL層83で発光した光のうち全反射となる光の入射角を小さい角度に変換して、光を取り出す構造のものである。

#### 【0011】

しかし、図2に示すように、ガラス基板81の上面に形成した集光用レンズ84を用いると集光用レンズ84の中心の直下部にある有機EL層83（図2におけるA点）からの光に対しては、全反射となる光の割合を減少させることができるが、レンズの中心の直下部からはずれた場所にある有機EL層83（図2におけるB点）からの光に対しては、かえって全反射となる光の割合を増加させるという結果を招く。

#### 【0012】

#### 【特許文献1】

特開 2002-260845 号公報 (第 (3) 頁、第 1 図)

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

発明者らは、光取り出し効率のシミュレーション結果から、有機 EL 層で発光した光のうち、大部分が透明電極導波モード又は透明基板導波モードとなることに着目した。つまり、透明電極導波モードを透明電極から透明基板へ放射する放射モードに変換し、又は透明基板導波モードを透明基板から外部へ放射する放射モードに変換すれば、光取り出し効率が向上する。

【0014】

そこで、発明者らは、光の波動的振る舞いを利用して導波モードである透明電極導波モードや透明基板導波モードを放射モードに変換するモード変換手段を発明した。本発明は、従来の有機 EL 発光素子等の発光素子の光取り出し効率が低いことを解決するために、モード変換手段を用いて有機 EL 発光素子等の発光素子からの光取り出し効率の向上を図ることを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】

前述した目的を達成するための発明について、図 3 を用いてその基本原理を説明する。図 3 において、11 は基板、12 は発光層、21 は放射モード、22 は導波モード、23 は放射モード、24 は導波モードであって、基板 11 の上には発光層 12 が形成され、発光層 12 で発光した光は基板 11 を透過して外部に射出する。基板 11 は一般的に外部の空気よりも屈折率が高いために、基板 11 から外部の空気への入射角が臨界角以下であれば、発光層 12 で発光した光は放射モード 21 となって外部に放射される。しかし、基板 11 から外部の空気への入射角が臨界角以上の場合、基板 11 と外部の空気との境界で全反射され、導波モード 22 となる。

【0016】

そこで、導波モードとなる光が伝搬する領域に、導波モードを放射モードへ変換するモード変換手段を設ける。図 3 では、基板 11 と発光層 12 との界面に規則性のある屈折率分布を形成する。例えば、基板 11 の屈折率が 1.5 で、発光

層12の屈折率が1.7と差があれば、基板11と発光層12の境界に凹凸を形成するだけで、規則性のある屈折率分布が形成できる。形成した凹凸を導波モードとなる光の伝搬が禁止されるような周期とすると、理想的には導波モード22は総て放射モード23に変換される。実際には、完全に伝搬が禁止されるような屈折率分布とすることは困難なため、導波モード22の一部が伝搬を抑制されて放射モード23に変換され、導波モード22の一部は変換されずに導波モード24となって残ることになる。

#### 【0017】

具体的には、本願第一発明は、基板上に、少なくとも、発光層を有する発光素子であって、該基板の内部、該発光層の内部、該基板と外部との界面、該基板と該発光層の界面、該発光層と外部との界面のうち少なくとも1に導波モードから放射モードへ変換するモード変換手段を備える発光素子である。

#### 【0018】

又は、基板上に、少なくとも、発光層と1以上の導波層とを有する発光素子の場合は、該基板の内部、該発光層の内部、該導波層の内部、該基板と該基板の外部との界面、該基板と該発光層との界面、該発光層と該発光層の外部との界面、該基板と該導波層との界面、該発光層と該導波層との界面、該導波層と該導波層の外部との界面、又は該導波層と該導波層との界面のうち少なくとも1に導波モードから放射モードへ変換するモード変換手段を備える発光素子である。

#### 【0019】

発光素子において発光層で発光した光のうち一部は放射モードとなり発光素子の外部に放射され、残りは導波モードとなるが、本願第一発明により、導波モードとなった光もモード変換手段により放射モードに変換され、発光素子の外部へ放射される。従って、発光素子の光取り出し効率を向上させることができる。

#### 【0020】

本願第二発明は、基板上に、少なくとも、第一の電極と、有機エレクトロルミネセンス層と、該第一の電極に対向する第二の電極と、を有する有機エレクトロルミネセンス発光素子であって、該基板の内部、該第一の電極の内部、該有機エレクトロルミネセンス層の内部、該第二の電極の内部、該基板と該基板の外部と

の界面、該基板と該第一の電極との界面、該第一の電極と該有機エレクトロルミネセンス層との界面、該有機エレクトロルミネセンス層と該第二の電極との界面、又は該第二の電極と該第二の電極の外部との界面のうち少なくとも1に導波モードから放射モードへ変換するモード変換手段を備える有機エレクトロルミネセンス発光素子である。

#### 【0021】

又は、基板上に、少なくとも、第一の電極と、有機エレクトロルミネセンス層と、該第一の電極に対向する第二の電極と、を有し、かつ、該基板上のいずれかに1以上の導波層を有する有機エレクトロルミネセンス発光素子の場合は、該基板の内部、該第一の電極の内部、該有機エレクトロルミネセンス層の内部、該第二の電極の内部、該導波層の内部、該基板と該基板の外部との界面、該基板と該第一の電極との界面、該第一の電極と該有機エレクトロルミネセンス層との界面、該有機エレクトロルミネセンス層と該第二の電極との界面、該第二の電極と該第二の電極の外部との界面、該基板と該導波層との界面、該第一の電極と該導波層との界面、該有機エレクトロルミネセンス層と該導波層との界面、該第二の電極と該導波層との界面、該導波層と該導波層の外部との界面、又は該導波層と該導波層との界面のうち少なくとも1に導波モードから放射モードへ変換するモード変換手段を備える有機エレクトロルミネセンス発光素子である。

#### 【0022】

有機EL発光素子において有機EL層で発光した光のうち一部は放射モードとなり有機EL発光素子の外部に放射され、残りは導波モードとなるが、本願第二発明により、導波モードとなった光もモード変換手段により放射モードとなり、有機EL発光素子の外部へ放射される。従って、有機EL発光素子の光取り出し効率が向上する。

#### 【0023】

有機EL層には、正孔注入層、正孔輸送層、有機EL発光層、電子注入層、電子輸送層を含むことがある。正孔注入層は、正孔注入電極から正孔の注入を容易にする機能、正孔輸送層は、正孔を安定に輸送する機能を有する。電子注入層は、電子注入電極からの電子の注入を容易にする機能、電子輸送層は、電子を安定

に輸送する機能を有する。これらの層は、有機EL発光層に注入される正孔や電子を増大し、閉じ込め効果を発揮して発光効率を改善する。有機EL発光層には、発光機能を有する化合物である蛍光性物質を含有させ、EL現象によって発光させる。以下の説明でも同様である。

#### 【0024】

本願第三発明は、透明基板上に、少なくとも、透明電極と、有機エレクトロルミネセンス層と、該透明電極に対向する金属電極と、を順に有する有機エレクトロルミネセンス発光素子であって、該透明基板の内部、該透明電極の内部、該有機エレクトロルミネセンス層の内部、該金属電極の内部、該透明基板と該透明基板の外部との界面、該透明基板と該透明電極との界面、該透明電極と該有機エレクトロルミネセンス層との界面、該有機エレクトロルミネセンス層と該金属電極との界面、又は該金属電極と該金属電極の外部との界面のうち少なくとも1に導波モードから放射モードへ変換するモード変換手段を備える有機エレクトロルミネセンス発光素子である。

#### 【0025】

又は、透明基板上に、少なくとも、透明電極と、有機エレクトロルミネセンス層と、該透明電極に対向する金属電極と、を順に有し、かつ、該透明基板上のいずれかに1以上の導波層を有する有機エレクトロルミネセンス発光素子の場合は、該透明基板の内部、該透明電極の内部、該有機エレクトロルミネセンス層の内部、該金属電極の内部、該導波層の内部、該透明基板と該透明基板の外部との界面、該透明基板と該透明電極との界面、該透明電極と該有機エレクトロルミネセンス層との界面、該有機エレクトロルミネセンス層と該金属電極との界面、該金属電極と該金属電極の外部との界面、該透明基板と該導波層との界面、該透明電極と該導波層との界面、該有機エレクトロルミネセンス層と該導波層との界面、該金属電極と該導波層との界面、該導波層と該導波層の外部との界面、又は該導波層と該導波層との界面のうち少なくとも1に導波モードから放射モードへ変換するモード変換手段を備える有機エレクトロルミネセンス発光素子である。

#### 【0026】

有機EL発光素子において有機EL層で発光した光のうち一部は放射モードと

なり有機EL発光素子の外部に放射され、残りは導波モードとなるが、本願第三発明により、導波モードとなった光もモード変換手段により放射モードとなり、有機EL発光素子の外部へ放射される。従って、有機EL発光素子の光取り出し効率が向上する。

#### 【0027】

上記発明における導波モードには、透明電極内を伝搬する透明電極導波モードと透明基板導波モードがある。透明電極導波モードには、透明電極だけでなく、有機EL層内と一体になった導波モードも含まれる。透明電極の厚さや有機EL層の厚さが実効波長より薄く、透明電極から有機EL層や透明基板への染み出しがあるため、必ずしも厳密には透明電極内での伝搬とは言えないからである。透明基板導波モードは、主に透明基板内で電界強度が最も強い導波モードである。以下の発明でも同様である。

#### 【0028】

上記発明における導波モードから放射モードへの変換には、内側の層の屈折率が外側の層の屈折率よりも高い場合は、内側の層の導波モードから外側の層の導波モードへの変換も含まれる。これは、内側の層の導波モードがモード変換され放射されても、一部は外側の層を経て外部に放射されるが、一部は外側の層の導波モードとなるからである。例えば、透明電極の屈折率が2.0、透明基板の屈折率が1.5、透明基板の外部の屈折率が1.0の場合は、透明電極導波モードから放射モードへの変換には、透明電極導波モードから放射モードとなって透明基板を経て外部に放射される放射モードへの変換と、透明電極導波モードから放射モードとなって透明電極から透明基板内に放射されるが、透明基板内を伝搬する透明基板導波モードとなる放射モードへの変換も含まれる。以下の発明でも同様である。

#### 【0029】

本願第四発明は、第二発明又は第三発明において、前記モード変換手段が、1次元、2次元、又は3次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造であることを特徴とする有機EL発光素子である。

#### 【0030】

本願第四発明の1次元、2次元、又は3次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造により有機EL発光素子の光取り出し効率が向上する。

#### 【0031】

本願他の発明は、本願第四発明において、前記規則性は前記有機EL層で発光する光の実効波長程度の周期であることを特徴とする有機EL発光素子である。

実効波長程度の周期により、有機EL層で発光する光に対して効果的に干渉することができ、有機EL発光素子の光取り出し効率が向上する。

#### 【0032】

なお、本願において、実効波長程度とは、実効波長の4分の1から5倍の長さをいう。

#### 【0033】

本願他の発明は、本願第四発明において、前記規則性は前記有機EL層で発光する光の実効波長程度の周期に対して周期の4分の1以下のゆらぎを持つことを特徴とする有機EL発光素子である。

規則性に周期とゆらぎを持たせることにより、有機EL層で発光する波長広がりがある光に対して効果的に干渉することができ、有機EL発光素子の光取り出し効率が向上する。

#### 【0034】

本願他の発明は、本願第四発明において、前記規則性は前記有機EL層で発光する光の実効波長程度の周期と、実効波長程度の周期に対して周期の4分の1以下のゆらぎと、が混在していることを特徴とする有機EL発光素子である。

規則性に周期にゆらぎを混在させることにより、有機EL層で発光する波長広がりがある光に対して効果的に干渉することができ、有機EL発光素子の光取り出し効率が向上する。

#### 【0035】

本願他の発明は、本願第四発明において、前記規則性は周期が徐々に変化することを特徴とする有機EL発光素子である。

周期が徐々に変化的ることにより、有機EL層で発光する波長広がりがある光に対して、波長広がりがある光に対してより効果的に干渉することができ、有機



EL 発光素子の光取り出し効率が向上する。

【0036】

本願他の発明は、本願第四発明において、前記2次元の方向に規則性のある屈折率分布が正方格子配置、三角格子配置、ハニカム格子配置、若しくは有限個数の単位要素で平面を埋め尽くすことのできる配置、又はこれらの組み合わせであることを特徴とする有機EL発光素子である。

2次元の方向に対して、規則的な屈折率分布が実現できるため、有機EL発光素子の光取り出し効率が向上する。

【0037】

本願他の発明は、本願第四発明において、前記規則性のある屈折率分布がこれを設けない場合の材料の有する屈折率よりも高い屈折率を有する材料で形成されていることを特徴とする有機EL発光素子である。

周囲の材料より高い屈折率を有する材料で規則性のある屈折率分布を形成することができるため、有機EL発光素子の光取り出し効率が向上する。

【0038】

本願他の発明は、上記発明において、前記高い屈折率を有する材料が、前記有機EL層で発光する光に対して透過性を有することを特徴とする有機EL発光素子である。

有機EL層で発光する光に対して透過性があれば、導波モードに対して光損失を低減することができ、有機EL発光素子の光取り出し効率が向上する。

【0039】

本願他の発明は、本願第四発明において、前記規則性のある屈折率分布がこれを設けない場合の材料の有する屈折率よりも低い屈折率を有する材料で形成されていることを特徴とする有機EL発光素子である。

周囲の材料より低い屈折率を有する材料で規則性のある屈折率分布を形成することができるため、有機EL発光素子の光取り出し効率が向上する。

【0040】

本願他の発明は、上記発明において、前記低い屈折率を有する材料が、前記有機EL層で発光する光に対して透過性を有することを特徴とする有機EL発光素子である。

子である。

有機EL層で発光する光に対して透過性があれば、導波モードに対して光損失を低減することができ、有機EL発光素子の光取り出し効率が向上する。

#### 【0041】

本願他の発明は、前記発明において、前記低い屈折率を有する材料が気体であることを特徴とする有機EL発光素子である。

気体は一般には屈折率が1程度であるため、透明電極や透明基板に対して低い屈折率を有する材料として使用することができ、低い屈折率を有する材料で規則性のある屈折率分布を形成することができるため、有機EL発光素子の光取り出し効率が向上する。

#### 【0042】

本願他の発明は、上記発明において、前記気体が空気又は不活性ガスであることを特徴とする有機EL発光素子である。

透明電極や透明基板等を空气中又は不活性ガス中で作製するときに、これらの気体を閉じ込めれば、光取り出し効率の高い有機EL発光素子を容易に製造することができる。

#### 【0043】

本願他の発明は、本願第四発明において、前記基板と前記基板の外部との界面、前記基板と前記第一の電極との界面、前記第一の電極と前記有機エレクトロルミネセンス層との界面、前記有機エレクトロルミネセンス層と前記第二の電極との界面、前記第二の電極と前記第二の電極の外部との界面、前記基板と前記導波層との界面、前記第一の電極と前記導波層との界面、前記有機エレクトロルミネセンス層と前記導波層との界面、前記第二の電極と前記導波層との界面、前記導波層と前記導波層の外部との界面、又は前記導波層と前記導波層との界面に備える前記モード変換手段が、1次元又は2次元の方向に規則性のある界面の凹凸で構成されていることを特徴とする有機EL発光素子である。

#### 【0044】

又は、本願第四発明において、前記透明基板と前記透明基板の外部との界面、前記透明基板と前記透明電極との界面、前記透明電極と前記有機エレクトロルミ

ネセンス層との界面、前記有機エレクトロルミネセンス層と前記金属電極との界面、前記金属電極と前記金属電極の外部との界面、前記透明基板と前記導波層との界面、前記透明電極と前記導波層との界面、前記有機エレクトロルミネセンス層と前記導波層との界面、前記金属電極と前記導波層との界面、前記導波層と前記導波層の外部との界面、又は前記導波層と前記導波層との界面に備える前記モード変換手段が、1次元又は2次元の方向に規則性のある界面の凹凸で構成されていることを特徴とする有機EL発光素子である。

#### 【0045】

界面に1次元又は2次元の方向に規則性のある凹凸を設けることによって、屈折率の異なる材料を設けることなくモード変換手段を構成することができ、光取り出し効率の高い有機EL発光素子を容易に製造することができる。

#### 【0046】

本願他の発明は、本願第四発明において、前記有機EL層が領域によって異なる発光波長を有することを特徴とする有機EL発光素子である。

領域によって異なる発光波長を有する有機EL発光素子に対しても、モード変換手段を備えることによって光取り出し効率の高い有機EL発光素子とすることができる。

#### 【0047】

本願他の発明は、上記発明において、前記変換手段が、前記異なる発光波長に対応した1次元、2次元、又は3次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つ光学構造であることを特徴とする有機EL発光素子である。

有機EL層で発光する光の発光波長に合わせてモード変換手段を備えることができる。例えば、R、G、Bのフルカラーで発光する有機EL発光素子に対して、発光色ごとに最適なモード変換手段を備えることができ、光取り出し効率の高い有機EL発光素子とすることができる。

#### 【0048】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本願発明の実施の形態について、添付の図面を参照して説明する。

導波モードから放射モードへ変換するモード変換手段として、1次元の方向に

規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造の例を図4に示す。図4において、22は導波モード、23は放射モード、25は光学的構造体、41はモード変換手段である。図4では、モード変換手段41として、1次元の方向（図4では、左右の方向）に光学的構造体25を配置している。ここで、光学的構造体25の屈折率を、光学的構造体25を設けない場合の材料の有する屈折率と異なるように設定する。

#### 【0049】

導波モード22の状態にある伝搬光の伝搬が抑制されるような周期に光学的構造体25を設けると、導波モード22は放射モード23に変換されて、外部に放射されることになる。このようなモード変換手段を設けると1次元の方向で導波モードを放射モードに変換することができる。

#### 【0050】

導波モードから放射モードへ変換するモード変換手段として、2次元方向に規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造の例を図5に示す。図5において、22は導波モード、23は放射モード、25は光学的構造体、41はモード変換手段である。図5では、モード変換手段41として、2次元の方向（図5では、左右の方向と上下の方向）に光学的構造体25を配置している。ここで、光学的構造体25の屈折率を、光学的構造体25を設けない場合の材料の有する屈折率と異なるように設定する。

#### 【0051】

導波モード22の状態にある伝搬光の伝搬が抑制されるような周期に光学的構造体25を設けると、導波モード22は放射モード23に変換されて、外部に放射されることになる。このようなモード変換手段を設けると2次元の方向で導波モードを放射モードに変換することができる。

#### 【0052】

図5では、2次元のマトリクス上での交点に光学的構造体25を配置したが、図6に示すように、図4で説明した光学的構造体を2次元のマトリクス状に配置しても同様の効果が得られる。さらに、3次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造を配置してもよい。この場合は3次元のマトリクス上の交点に

光学的構造体を配置してもよいし、3次元のマトリクス状に光学的構造体を配置してもよい。3次元の方向に光学的構造体を配置すると、より複雑な設計を可能にする。例えば、より広い波長範囲でモード変換機能を発揮させることができるようになる。

#### 【0053】

次に、2次元の方向に規則性のある屈折率分布の例を説明する。図7はモード変換手段として、光学的構造体を正方格子配置した例である。図7の点線の交点に光学的構造体を配置してもよいし、点線的位置に光学的構造体を配置してもよい。各方向の周期を一致させると、各方向で同じ波長特性が得られる。各方向で周期を異ならせると、各方向で異なる波長特性が得られる。

#### 【0054】

図8はモード変換手段として、光学的構造体を三角格子配置した例である。図8の点線の交点に光学的構造体を配置してもよいし、点線的位置に光学的構造体を配置してもよい。各方向の周期を一致させると、各方向で同じ波長特性が得られる。各方向で周期を異ならせると、それぞれ異なる波長特性が得られる。

#### 【0055】

図9はモード変換手段として、光学的構造体をハニカム配置した例である。図9の点線の交点に光学的構造体を配置してもよいし、点線的位置に光学的構造体を配置してもよい。各方向の周期を一致させると、各方向で同じ波長特性が得られる。各方向で周期を異ならせると、それぞれ異なる波長特性が得られる。

#### 【0056】

図10はモード変換手段として、有限個数の単位要素で平面を埋め尽くすことのできる配置とした例である。図10は2種類の相似形の三角形を組み合わせて作成したペンローズスタイルの1種類を表し、このような図形で平面を埋め尽くすことができる。このような配置であれば、より多くの方向に波長特性を設計することが可能になる。

#### 【0057】

次に、モード変換手段としての規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造を備える有機EL発光素子の例を説明する。図11は、モード変換手段を透明基板の

内部に備える有機EL発光素子の例、図12から図14は、モード変換手段を透明基板と透明基板の外部との界面に備える有機EL発光素子の例である。図11から図14において、31は金属電極、32は有機EL層、33は透明電極、34は透明基板である。透明基板としては、ガラス基板、フレキシブル基板、カラーフィルタや色変換膜あるいは誘電体反射膜が形成された基板を含む。透明基板は、ガラスや、ポリエチレンテレフタレート、ポリカーボネート、非晶質ポリオレフィン等を材料とすることができる。

#### 【0058】

図11のモード変換手段41は、1次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでも、2次元、3次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでもよい。図12から図14のモード変換手段41は1次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでも、2次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでもよい。透明基板の内部や透明基板と透明基板の外部との界面にモード変換手段を備えることによって、透明基板導波モードを放射モードに変換して、有機EL層で発光した光を透明基板の外部に効率的に取り出すことができる。

#### 【0059】

図11に示すモード変換手段41は、透明基板34を作製する際に、2度に分けて成長させ途中でモード変換手段を形成するか、2枚の透明基板を接合する等によって作製することができる。図12から図14に示すモード変換手段41は、透明基板34の片面にエッチング等によってモード変換手段41を形成することができる。これらの透明基板の上面に透明電極33、有機EL層32、金属電極31を成膜することによって、有機EL発光素子を製造することができる。本発明の有機EL発光素子は、ここで説明した製造方法に限定されるものではない。

#### 【0060】

図15は、モード変換手段を透明電極の内部に備える有機EL発光素子の例、図16から図18は、モード変換手段を透明電極と透明基板との界面に備える有機EL発光素子の例である。図15から図18において、31は金属電極、32は有機EL層、33は透明電極、34は透明基板である。透明電極をアノード（

陽極)として使用するには、高仕事関数で正孔注入の容易な金属が適する。透明化の容易な材料には、ITO (Indium Tin Oxide)、IZO (インジウム亜鉛酸化物)、 $\text{SnO}_2$  (酸化スズ)、 $\text{In}_2\text{O}_3$  (酸化インジウム)等の酸化物、AuやNi等の金属がある。

#### 【0061】

図15のモード変換手段41は、1次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでも、2次元、3次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでもよい。図16から図18のモード変換手段41は1次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでも、2次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでもよい。透明電極の内部や透明電極と透明基板との界面にモード変換手段を備えることによって、透明基板導波モードや透明電極導波モードを放射モードに変換して、有機EL層で発光した光を透明基板の外部に効率的に取り出すことができる。

#### 【0062】

図15に示すモード変換手段41は、透明電極33を蒸着法やスパッタ法等で成膜する際に、2度に分けて成長させ途中でモード変換手段を形成すること等によって作製することができる。図16から図18に示すモード変換手段41は、透明基板34の片面にエッチング等によってモード変換手段41を形成した後、透明基板の上面に透明電極33、有機EL層32、金属電極31を成膜すること等によって有機EL発光素子を製造することができる。本発明の有機EL発光素子は、ここで説明した製造方法に限定されるものではない。

#### 【0063】

図19は、モード変換手段を有機EL層の内部に備える有機EL発光素子の例、図20から図22は、モード変換手段を有機EL層と透明電極との界面に備える有機EL発光素子の例である。図20から図22において、31は金属電極、32は有機EL層、33は透明電極、34は透明基板である。

#### 【0064】

図19のモード変換手段41は、1次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでも、2次元、3次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでもよい。

い。図20から図22のモード変換手段41は1次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでも、2次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでもよい。有機EL層の内部や有機EL層と透明電極との界面にモード変換手段を備えることによって、透明電極導波モードや透明基板導波モードを放射モードに変換して、有機EL層で発光した光を透明基板の外部に効率的に取り出すことができる。

#### 【0065】

図19に示すモード変換手段41は、有機EL層32をスピンコート法、真空蒸着法、塗布、インクジェット法等によって成膜する際に、2度に分けて成膜し、途中でモード変換手段を形成すること等によって作製することができる。図20から図22に示すモード変換手段41は、透明電極33の面にエッチング等によってモード変換手段41を形成した後、透明電極の上面に有機EL層32、金属電極31を成膜すること等によって有機EL発光素子を製造することができる。本発明の有機EL発光素子は、ここで説明した製造方法に限定されるものではない。

#### 【0066】

図23は、モード変換手段を金属電極の内部に備える有機EL発光素子の例、図24から図26は、モード変換手段を金属電極と有機EL層との界面に備える有機EL発光素子の例、図27から図29は、モード変換手段を金属電極と金属電極の外部との界面に備える有機EL発光素子の例である。図23から図29において、31は金属電極、32は有機EL層、33は透明電極、34は透明基板である。金属電極を陰極として使用するには、低仕事関数で電子注入の容易な金属が適する。陰極電極材料には、Al、Li、Mg、Au、Ag等又はこれらの合金を用いることができる。

#### 【0067】

図23のモード変換手段41は、1次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでも、2次元、3次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでもよい。図24から図29のモード変換手段41は1次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでも、2次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでも



よい。図 24 や図 25 に示すように、有機 EL 層と金属電極との界面にモード変換手段を備えることによって、透明電極導波モードや透明基板導波モードを放射モードに変換して、有機 EL 層で発光した光を透明基板の外部に効率的に取り出すことができる。

#### 【0068】

ここで、金属電極 31 をエバネッセント波が存在する領域と同程度か、それより薄く積層すれば、図 23 から図 29 に示す金属電極の内部、金属電極と有機 EL 層との界面、金属電極と金属電極の外部との界面にモード変換手段を備えることによって、透明電極導波モードや透明基板導波モードを放射モードに変換して、有機 EL 層で発光した光を透明電極の外部に効率的に取り出すことができる。

#### 【0069】

また、金属電極 31 を薄い層状にすることによって、有機 EL 層で発光した光を金属電極 31 の側からも取り出すことができる。さらに、金属電極 31 を、ITO 等の透光性のある酸化物に対して有機 EL 層の側に Al や Li 等の低仕事関数で電子注入の容易な金属薄膜を設けた積層構造とすることによっても、金属電極 31 の側からも光を取り出すことができる。従って、金属電極の内部、金属電極と有機 EL 層との界面、金属電極と金属電極の外部との界面にモード変換手段を備えることによって、透明電極導波モードや透明基板導波モードを放射モードに変換して、有機 EL 層で発光した光を金属電極の外部に効率的に取り出すことができる。なお、金属電極の側からのみ有機 EL 層で発光した光を取り出すときは、上記説明した透明基板に替えて、有機 EL 層で発光した光に対する透過性のない基板を使用することができる。

#### 【0070】

図 23 に示すモード変換手段 41 は、金属電極 31 を蒸着法やスパッタ法等で成膜する際に、2 度に分けて成膜し、途中でモード変換手段を形成すること等によって作製することができる。図 24 から図 26 に示すモード変換手段 41 は、有機 EL 層 32 の面にエッチングによってモード変換手段 41 を形成した後、有機 EL 層 32 の上面に金属電極 31 を成膜すること等によって有機 EL 発光素子を製造することができる。図 27 から図 29 に示すモード変換手段 41 は、金属

電極 31 の上面にエッチングによってモード変換手段 41 を形成すること等によって有機 EL 発光素子を製造することができる。本発明の有機 EL 発光素子は、ここで説明した製造方法に限定されるものではない。

#### 【0071】

透明基板をガラスで構成する場合は、ガラス内でのモード変換手段をガラスよりも屈折率の高いルチル型の  $\text{TiO}_2$ 、塩素系ポリマ、臭素系ポリマで構成することができる。塩素系ポリマや臭素系ポリマは有機 EL 層で発光する光に対して透過性を有するため、光の透過損失を小さくすることができる。また、モード変換手段をガラスよりも屈折率の低いナノポーラスガラスやフッ素系有機材で構成することができる。これらの材料は有機 EL 層で発光する光に対して透過性を有するため、光の透過損失を小さくすることができる。さらに、モード変換手段を気体で構成すると、屈折率の低い材料とすることができる。気体としては、空気や不活性ガスが好ましい。空気や不活性ガスの雰囲気中でガラス基板を作製する際に雰囲気ガスで気泡を作れば、容易にモード変換手段を形成することができる。

#### 【0072】

透明電極を  $\text{ITO}$ 、 $\text{IZO}$ 、 $\text{SnO}_2$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3$  等で構成する場合は、透明電極内でのモード変換手段を透明電極よりも屈折率の高いルチル型の  $\text{TiO}_2$  で構成することができる。また、モード変換手段を透明電極よりも屈折率の低いナノポーラスガラスやフッ素系有機材で構成することができる。これらの材料は有機 EL 層で発光する光に対して透過性を有するため、光の透過損失を小さくすることができる。さらに、モード変換手段を気体で構成すると、屈折率の低い材料とすることができる。気体としては、空気や不活性ガスが好ましい。空気や不活性ガスの雰囲気中で透明電極を作製する際に雰囲気ガスで気泡を作れば、容易にモード変換手段を形成することができる。

#### 【0073】

有機 EL 層を  $\text{PVK}$  や  $\text{Alq}_3$  で構成する場合は、有機 EL 層内でのモード変換手段を有機 EL 層よりも屈折率の高いルチル型の  $\text{TiO}_2$ 、塩素系ポリマ、臭素系ポリマで構成することができる。塩素系ポリマや臭素系ポリマは有機 EL 層

で発光する光に対して透過性を有するため、光の透過損失を小さくすることができる。また、モード変換手段を有機EL層よりも屈折率の低いナノポーラスガラスやフッ素系有機材で構成することができる。これらの材料は有機EL層で発光する光に対して透過性を有するため、光の透過損失を小さくすることができる。さらに、モード変換手段を気体で構成すると、屈折率の低い材料とすることができる。気体としては、空気や不活性ガスが好ましい。空気や不活性ガスの雰囲気中で有機EL層を作製する際に雰囲気ガスで気泡を作れば、容易にモード変換手段を形成することができる。

#### 【0074】

有機EL発光素子の金属電極層を保護するために、金属電極層の外部側に透明絶縁膜を形成することが有効である。透明絶縁膜を有する有機EL素子の例を図30から図32に示す。図30、図31の有機EL発光素子は、それぞれ図27、図29に示した有機EL発光素子に透明絶縁膜35を成膜したもので、これらの透明絶縁膜35によって、金属電極31が保護される。透明絶縁膜を形成するのは、これらの例に限らず、前述した有機EL発光素子の金属電極の外部側に透明絶縁膜を形成することによって、いずれも金属電極が保護されることになる。これらの透明絶縁膜は $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{SiON}$ 、 $\text{SiC}$ 、や $\text{Al}_2\text{O}_3$ でスパッタ法により形成することができる。また、透明ポリマを塗布することによっても、形成することができる。

#### 【0075】

透明絶縁膜が導波層として機能する場合は、透明絶縁膜の内部又は透明絶縁膜と隣接する層等との界面にモード変換手段を備えることができる。図30、図31の有機EL発光素子は、いずれも、金属電極31と透明絶縁膜35との界面にモード変換手段41を備えている。モード変換手段41は、1次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでも、2次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでもよい。図32の有機EL発光素子は、透明絶縁膜の内部にモード変換手段41を備えている。このモード変換手段41は、1次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでも、2次元、3次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つものでもよい。これらのモード変換手段は、図30から図32に示した

位置ばかりでなく、透明絶縁膜と外部との界面にも形成してもよい。

#### 【0076】

透明絶縁膜を有する有機EL発光素子において、金属電極と透明絶縁膜との界面、透明絶縁膜内部、透明絶縁膜と外部との界面にモード変換手段を設けることによって、透明絶縁膜内又は、透明絶縁膜を含む導波層での導波モードを放射モードに変換して、有機EL層で発光した光を透明絶縁膜又は透明基板の外部に効率的に取り出すことができる。

#### 【0077】

次に、モード変換手段としての規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造を、1次元又は2次元の方向に規則性のある界面の凹凸で構成する例を説明する。図33は、モード変換手段を透明基板34と透明基板34の外部との界面に設けた例である。このような光学的構造は、透明基板34をエッチングすること等によって得られる。透明基板の外部が空気であれば、モード変換手段である規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造を空気で形成したと同じ効果が得られる。透明基板と透明基板の外部との界面にモード変換手段を備えることによって、透明基板導波モードを放射モードに変換して、有機EL層で発光した光を透明基板の外部に効率的に取り出すことができる。

#### 【0078】

図34は、モード変換手段を透明電極33と透明基板34との界面に設けた例である。このような光学的構造は、透明基板34をエッチングし、エッチング面の上に透明電極33を積層すること等によって得られる。一般に透明電極の屈折率は透明基板の屈折率よりも高く、両者の屈折率に差があるため、規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造を形成することができる。透明電極と透明基板との界面にモード変換手段を備えることによって、透明基板導波モードや透明電極導波モードを放射モードに変換して、有機EL層で発光した光を透明基板の外部に効率的に取り出すことができる。

#### 【0079】

図35は、モード変換手段を透明電極33と有機EL層32との界面に設けた例である。このような光学的構造は、透明電極33をエッチングし、エッチング

面の上に有機EL層32を積層すること等によって得られる。一般に透明電極の屈折率は有機ELの屈折率よりも高く、両者の屈折率に差があるため、規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造を形成することができる。有機EL層と透明電極との界面にモード変換手段を備えることによって、透明電極導波モードや透明基板導波モードを放射モードに変換して、有機EL層で発光した光を透明基板の外部に効率的に取り出すことができる。

#### 【0080】

図36は、モード変換手段を有機EL層32と金属電極31との界面に設けた例である。金属電極をエバネッセント波が存在する領域よりも厚く積層すると、金属は反射体として機能する。このような反射体の表面に凹凸を設けると、屈折率分布を持つ光学的構造を形成することができる。有機EL層と金属電極との界面にモード変換手段を備えることによって、透明電極導波モードや透明基板導波モードを放射モードに変換して、有機EL層で発光した光を透明基板の外部に効率的に取り出すことができる。

#### 【0081】

また、金属電極31を薄い層状にすることによって、有機EL層32で発光した光を金属電極31の側からも取り出すことができる。さらに、ITO等の透光性のある酸化物とAlやLi等の低仕事関数で電子注入の容易な金属薄膜との積層構造とすることによっても、金属電極31の側からも光を取り出すことができる。従って、金属電極と有機EL層との界面にモード変換手段を備えることによって、透明電極導波モードや透明基板導波モードを放射モードに変換して、有機EL層で発光した光を金属電極の外部に効率的に取り出すことができる。なお、金属電極の側からのみ有機EL層で発光した光を取り出すときは、上記説明した透明基板に替えて、有機EL層で発光した光に対する透過性のない基板を使用することができる。

#### 【0082】

図37は、モード変換手段を金属電極31と金属電極31の外部との界面に設けた例である。金属電極をエバネッセント波が存在する領域と同程度か薄く積層し、金属電極31の表面をエッチングすると、屈折率分布を持つ光学的構造を形

成することができる。このような光学的構造に対して、導波モードの光が有機EL層32から染み出して、モード変換手段として機能する。従って、金属電極と金属電極の外部との界面にモード変換手段を備えることによって、透明電極導波モードや透明基板導波モードを放射モードに変換して、有機EL層で発光した光を透明基板の外部に効率的に取り出すことができる。

#### 【0083】

また、金属電極31を薄い層状にすることによって、有機EL層32で発光した光を金属電極31の側からも取り出すことができる。さらに、ITO等の透光性のある酸化物とAlやLi等の低仕事関数で電子注入の容易な金属薄膜との積層構造とすることによっても、金属電極31の側からも光を取り出すことができる。従って、金属電極と金属電極の外部との界面にモード変換手段を備えることによって、透明電極導波モードや透明基板導波モードを放射モードに変換して、有機EL層で発光した光を金属電極の外部に効率的に取り出すことができる。

#### 【0084】

図32から図37に示した有機EL発光素子においても、金属電極の外側に透明絶縁膜を成膜することによって、金属電極を保護することができる。また、金属電極の外側に透明絶縁膜を有する有機EL発光素子において、透明絶縁膜が導波層として機能する場合は、透明絶縁膜と外部との界面にモード変換手段を設けてもよい。透明絶縁膜等の導波層を基板上のいずれかに備える有機EL発光素子では、透明絶縁膜と他の層等との界面にモード変換手段を設けてもよい。この例では、モード変換手段としての規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造を、1次元又は2次元の方向に規則性のある界面の凹凸で構成する。

#### 【0085】

透明絶縁膜と外部との界面にモード変換手段を設けることによって、透明絶縁膜内又は、透明絶縁膜を含む導波層での導波モードを放射モードに変換して、有機EL層で発光した光を透明絶縁膜又は透明基板の外部に効率的に取り出すことができる。

#### 【0086】

モード変換手段として、規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造を形成した

ときの導波モードの伝搬特性を図35に示す。図35において、横軸は波長、縦軸は波長に対する導波モードの伝搬損失である。屈折率分布の周期を光の実効波長程度にすると、特定の波長をもった光の伝搬を抑制するという性質を有する。伝搬が抑制される波長では、導波モードから放射モードに変換されるため、図35に示すような特定の波長で伝搬損失が大きくなる。しかし、実際の発光素子では、発光波長に波長広がりがあるため、伝搬が抑制される波長範囲を広げる必要がある。

#### 【0087】

例えば、規則的な周期に加えてその周期の4分の1以下のゆらぎを持たせることによって、伝搬が抑制される波長範囲が広がる。発光素子の発光波長に合わせて、伝搬が抑制される波長を図36に示すような波長特性とすると、波長広がりのある発光素子であっても、発光する光に対して導波モードを放射モードに変換することができる。

#### 【0088】

また、規則的な周期とその周期の4分の1以下のゆらぎが混在しても、同様の効果が得られる。さらに、周期が徐々に変化するような規則であっても、同様の効果が得られる。

#### 【0089】

有機EL発光素子をカラーディスプレイに適用する場合には、発光させる波長に応じた材料で有機EL層を形成する。一般的なフルカラーディスプレイの絵素の構成を図37に示す。図37において、R、G、Bで発光する領域が交互に配置された絵素が発光することによって、フルカラーで表示することができる。このような、フルカラーの有機EL発光素子において、モード変換手段をR、G、Bで区別することなく共通の規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造としてもよい。この場合は、R、G、Bごとにモード変換手段の構造を変える必要はない。

#### 【0090】

一方、R、G、Bの発光領域ごとに発光波長に対応した規則性のある屈折率分布を持つ構造としてもよい。この場合は、発光領域ごとに発光する光の波長対応

した周期を持たせることになる。発光領域ごとに周期が異なるため、屈折率分布の構造は複雑になるが、発光する波長に最適な構造とすることができる。

### 【0091】

#### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によればモード変換手段を用いて導波モードから放射モードに変換することが可能となり、有機EL発光素子等の発光素子からの光取り出し効率の向上を図ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 透明電極に閉じ込められた透明電極導波モードの電界分布を表す図である。

【図2】 従来技術である透明電極と透明基板の境界に集光用レンズを設けた技術を説明する図である。

【図3】 本願発明の基本原理を説明する図である。

【図4】 1次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造の例を説明する図である。

【図5】 2次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造の例を説明する図である。

【図6】 マトリクス状に配置した2次元の方向に規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造の例を説明する図である。

【図7】 モード変換手段として、光学的構造体を正方格子配置した例を説明する図である。

【図8】 モード変換手段として、光学的構造体を三角格子配置した例を説明する図である。

【図9】 モード変換手段として、光学的構造体をハニカム配置した例を説明する図である。

【図10】 モード変換手段として、有限個数の単位要素で平面を埋め尽くすことのできる配置とした例を説明する図である。

【図11】 モード変換手段を透明基板の内部に備えた有機EL発光素子の例を説明する図である。



【図 12】 モード変換手段を透明基板と透明基板の外部との界面に備える有機 EL 発光素子の例を説明する図である。

【図 13】 モード変換手段を透明基板と透明基板の外部との界面に備える有機 EL 発光素子の例を説明する図である。

【図 14】 モード変換手段を透明基板と透明基板の外部との界面に備える有機 EL 発光素子の例を説明する図である。

【図 15】 モード変換手段を透明電極の内部に備えた有機 EL 発光素子の例を説明する図である。

【図 16】 モード変換手段を透明電極と透明基板との界面に備える有機 EL 発光素子の例を説明する図である。

【図 17】 モード変換手段を透明電極と透明基板との界面に備える有機 EL 発光素子の例を説明する図である。

【図 18】 モード変換手段を透明電極と透明基板との界面に備える有機 EL 発光素子の例を説明する図である。

【図 19】 モード変換手段を有機 EL 層の内部に備えた有機 EL 発光素子の例を説明する図である。

【図 20】 モード変換手段を有機 EL 層と透明電極との界面に備える有機 EL 発光素子の例を説明する図である。

【図 21】 モード変換手段を有機 EL 層と透明電極との界面に備える有機 EL 発光素子の例を説明する図である。

【図 22】 モード変換手段を有機 EL 層と透明電極との界面に備える有機 EL 発光素子の例を説明する図である。

【図 23】 モード変換手段を金属電極の内部に備えた有機 EL 発光素子の例を説明する図である。

【図 24】 モード変換手段を金属電極と有機 EL 層との界面に備える有機 EL 発光素子の例を説明する図である。

【図 25】 モード変換手段を金属電極と有機 EL 層との界面に備える有機 EL 発光素子の例を説明する図である。

【図 26】 モード変換手段を金属電極と有機 EL 層との界面に備える有機 EL

発光素子の例を説明する図である。

【図 27】 モード変換手段を金属電極と金属電極の外部との界面に備える有機 EL 発光素子の例を説明する図である。

【図 28】 モード変換手段を金属電極と金属電極の外部との界面に備える有機 EL 発光素子の例を説明する図である。

【図 29】 モード変換手段を金属電極と金属電極の外部との界面に備える有機 EL 発光素子の例を説明する図である。

【図 30】 モード変換手段を金属電極と透明絶縁膜との界面に設けた例を説明する図である。

【図 31】 モード変換手段を金属電極と透明絶縁膜との界面に設けた例を説明する図である。

【図 32】 モード変換手段を透明絶縁膜に設けた例を説明する図である。

【図 33】 モード変換手段を透明基板と透明基板の外部との界面に設けた例を説明する図である。

【図 34】 モード変換手段を透明電極 33 と透明基板 34 との界面に設けた例を説明する図である。

【図 35】 モード変換手段を透明電極 33 と有機 EL 層 32 との界面に設けた例を説明する図である。

【図 36】 モード変換手段を有機 EL 層 32 と金属電極 31 との界面に設けた例を説明する図である。

【図 37】 モード変換手段を金属電極 31 と金属電極 31 の外部との界面に設けた例を説明する図である。


【図 38】 モード変換手段として、規則性のある屈折率分布を持つ光学的構造を形成したときの導波モードの伝搬特性を説明する図である。

【図 39】 伝搬が抑制される波長を広げた導波モードの伝搬特性を説明する図である。

【図 40】 フルカラーディスプレイの絵素を説明する図である。

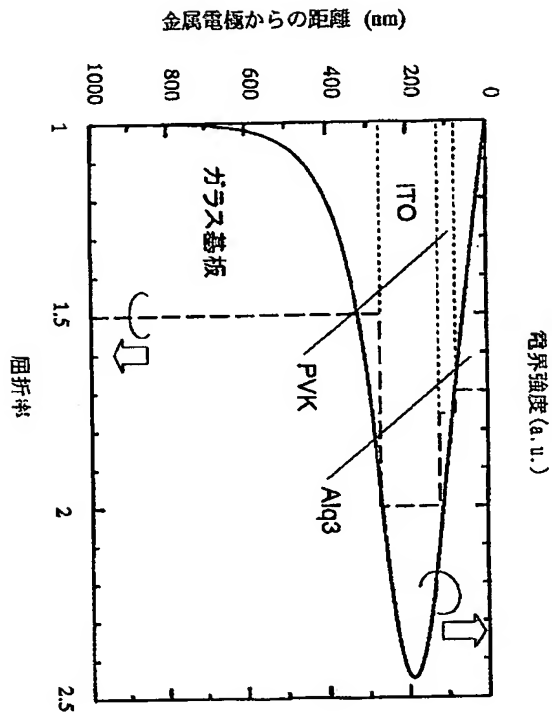
【符号の説明】

22: 導波モード

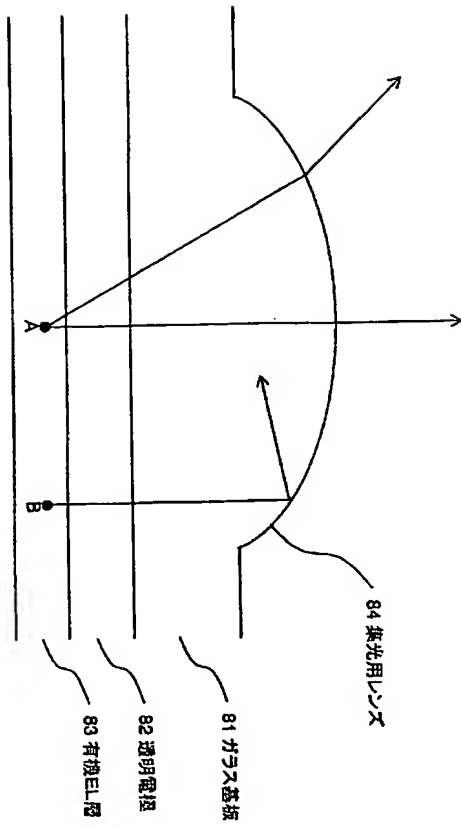
- 
- 23：放射モード
  - 25：光学的構造体
  - 31：金属電極
  - 32：有機EL層
  - 33：透明電極
  - 34：透明基板
  - 35：透明絶縁膜
  - 41：モード変換手段
  - 81：ガラス基板
  - 82：透明電極
  - 83：有機EL層
  - 84：集光用レンズ

【書類名】 図面

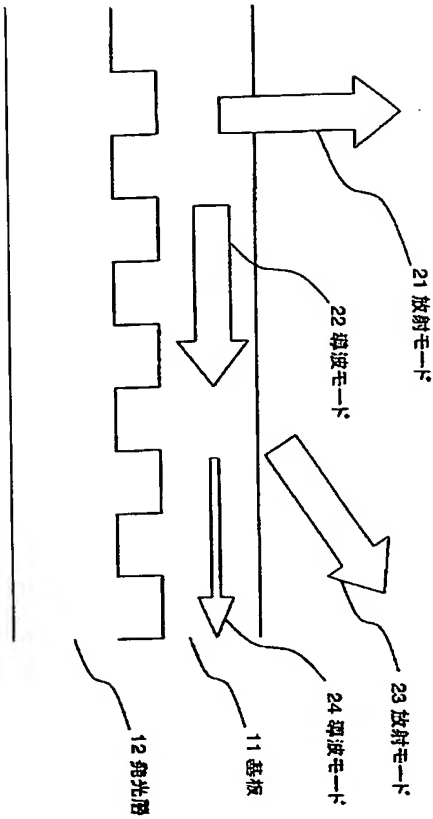
【図1】



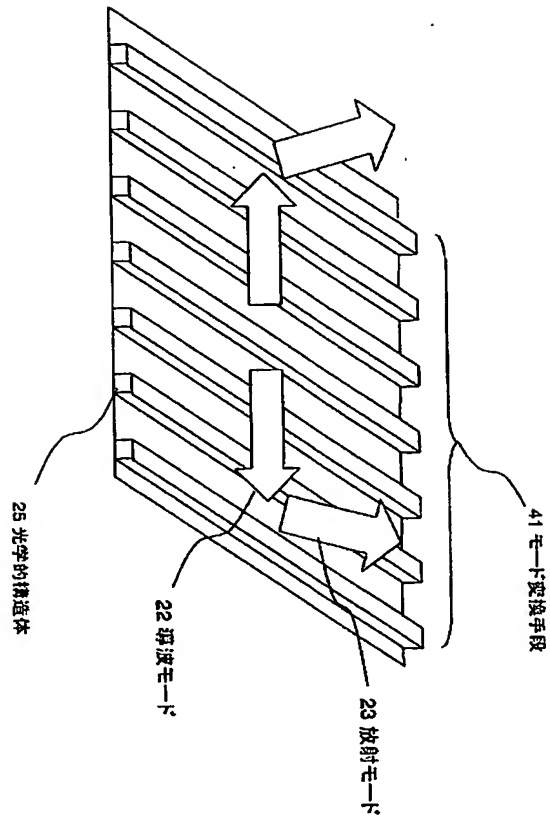
【図2】



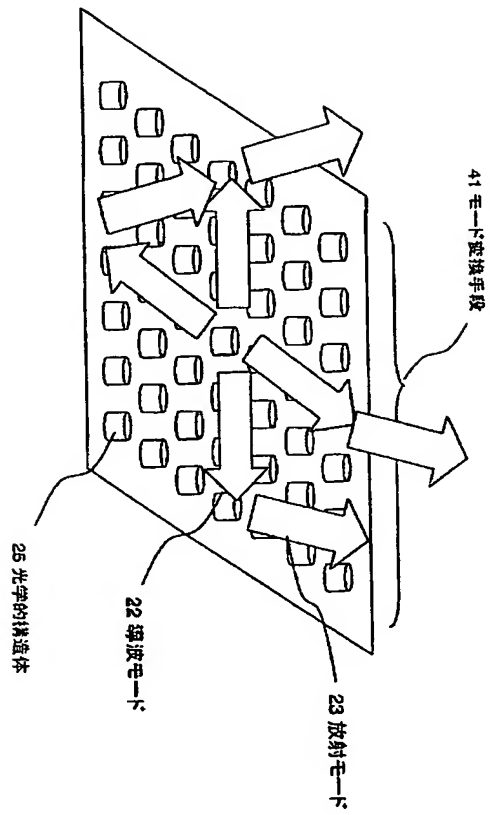
【図3】



【図4】

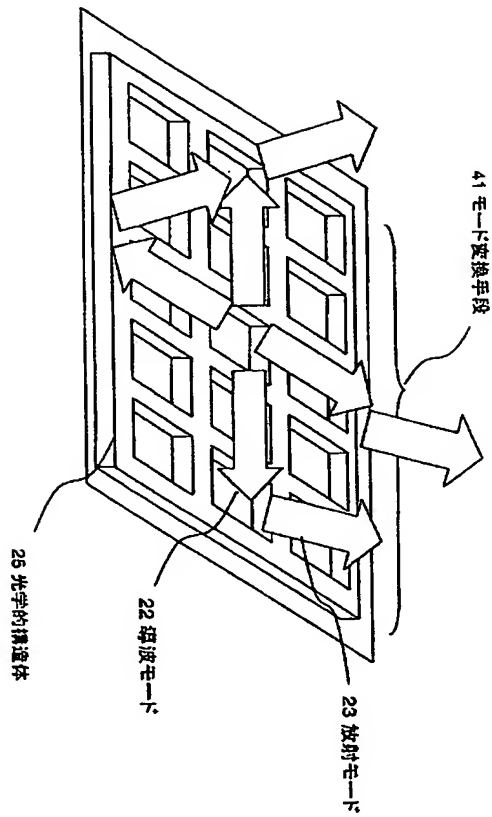


【図5】

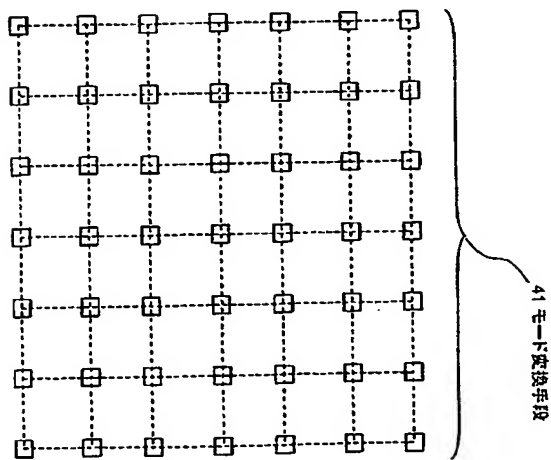




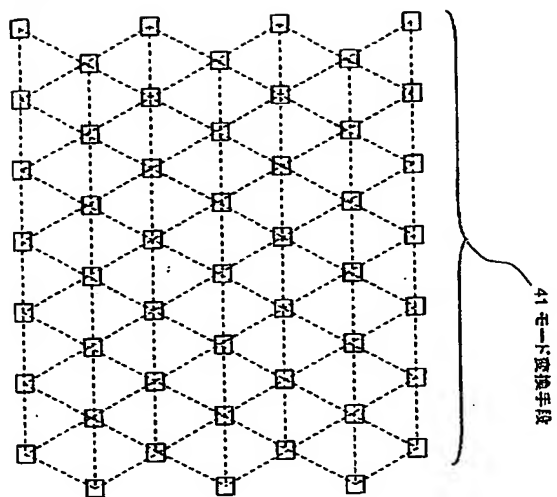
【図6】



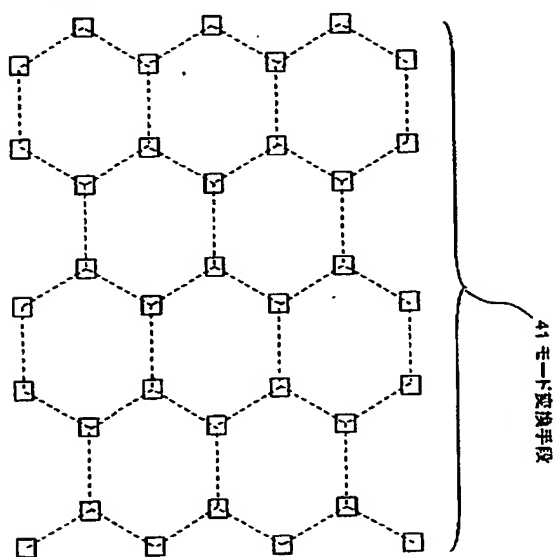
【図7】



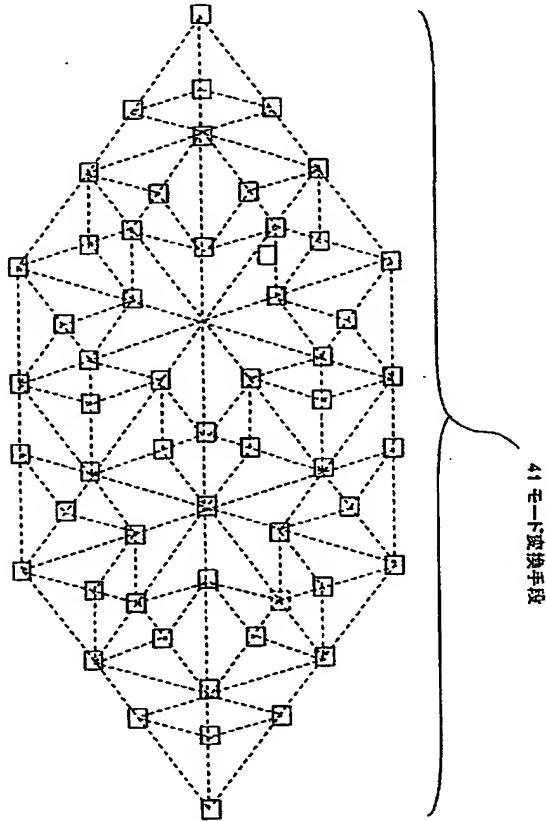
【図8】



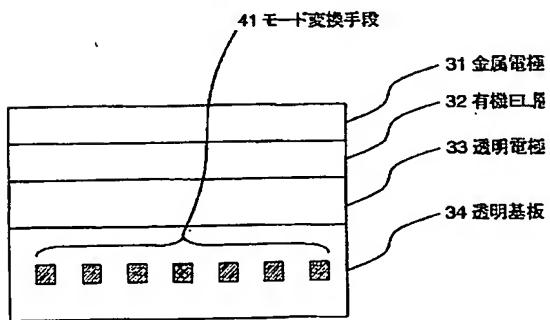
【図9】



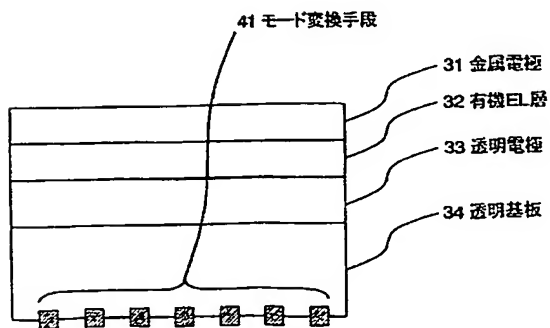
【図10】



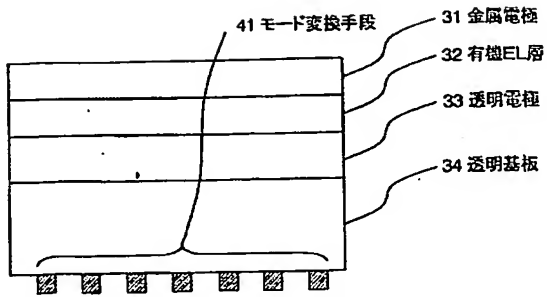
【図11】



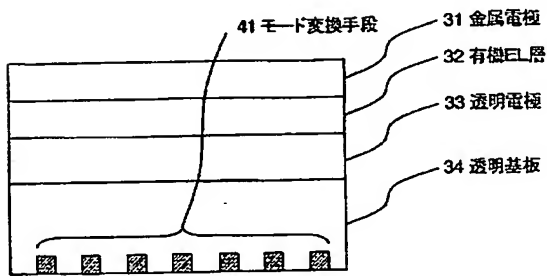
【図12】



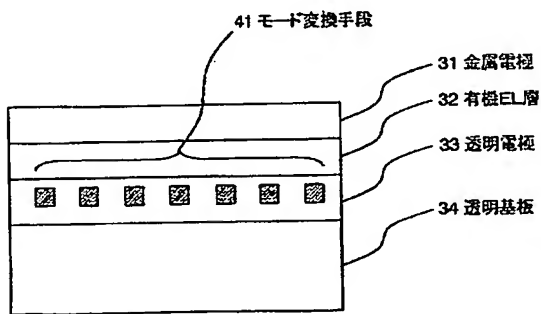
【図13】



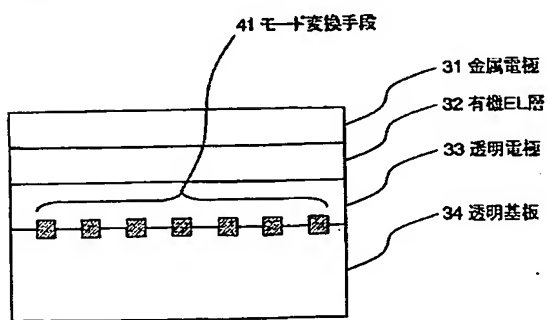
【図14】



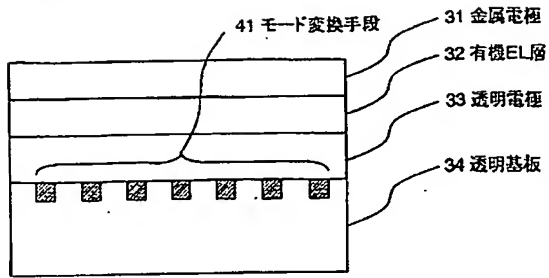
【図15】



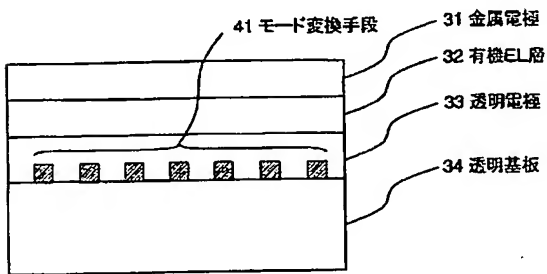
【図16】



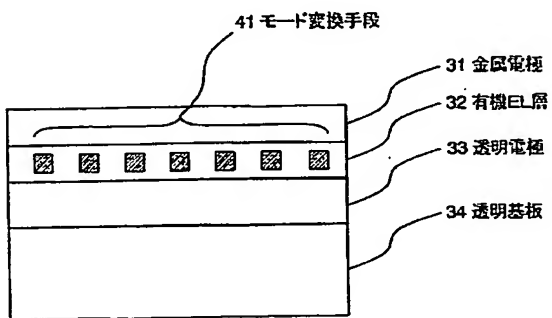
【図 17】



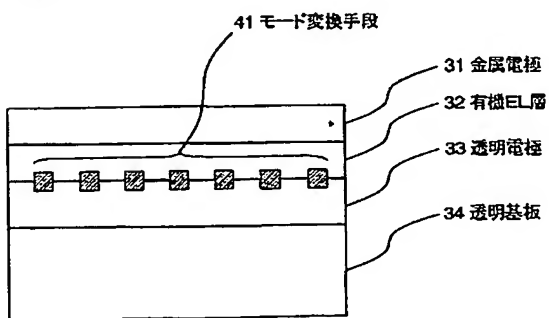
【図 18】



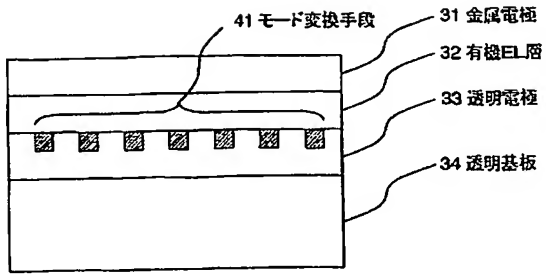
【図 19】



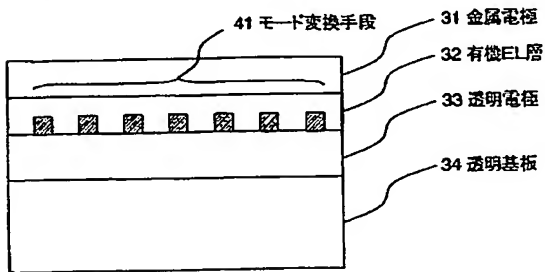
【図 20】



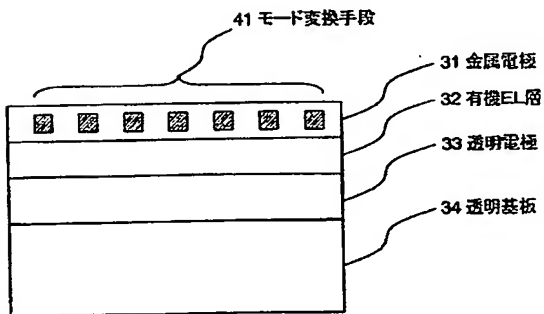
【図21】



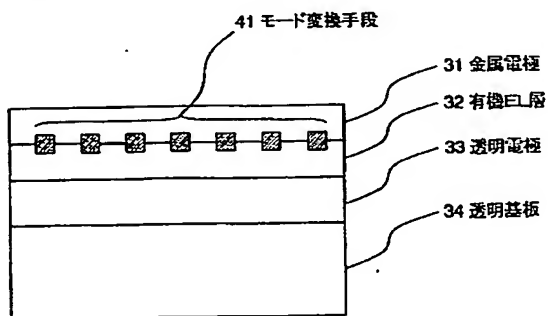
【図22】



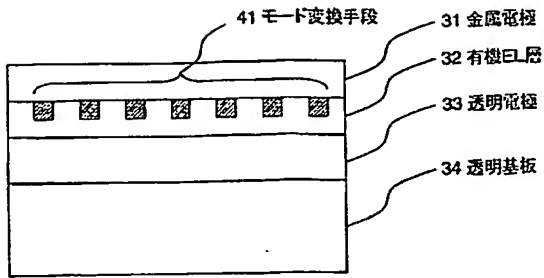
【図23】



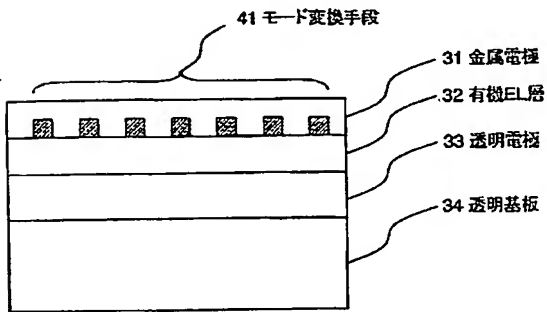
【図24】



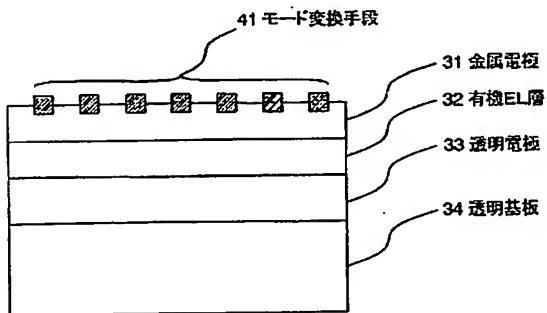
【図25】



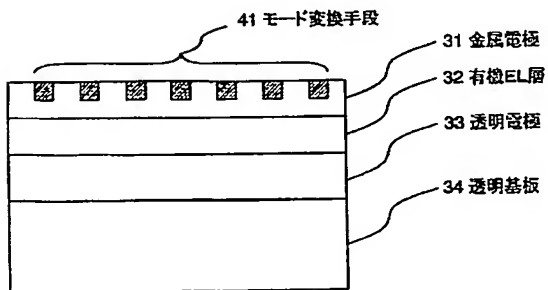
【図26】



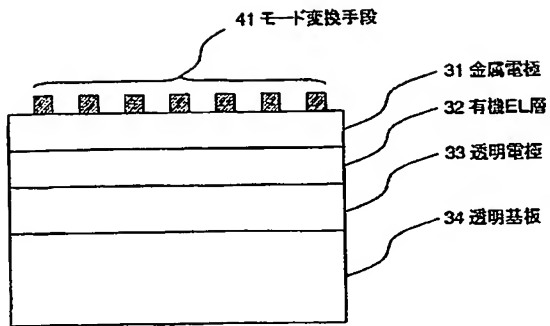
【図27】



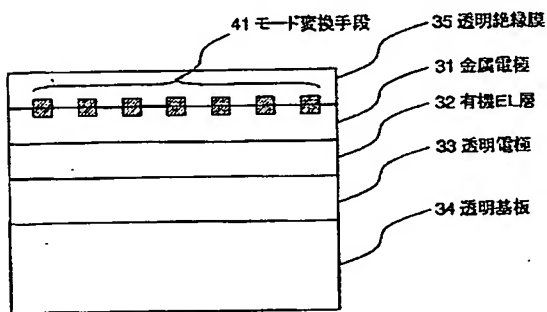
【図28】



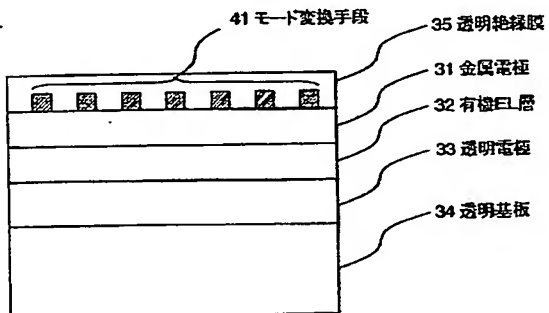
【図29】



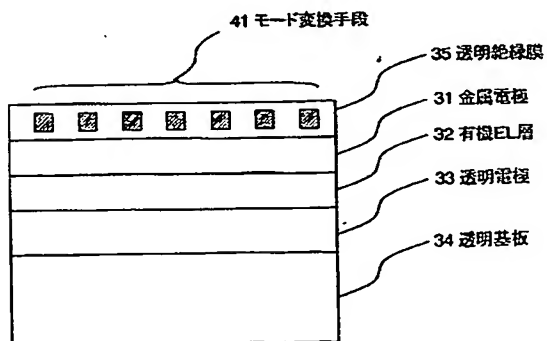
【図30】



【図31】

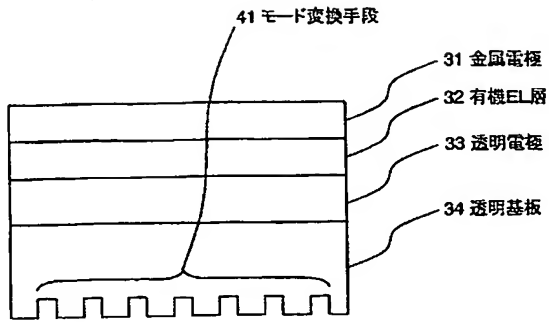


【図32】

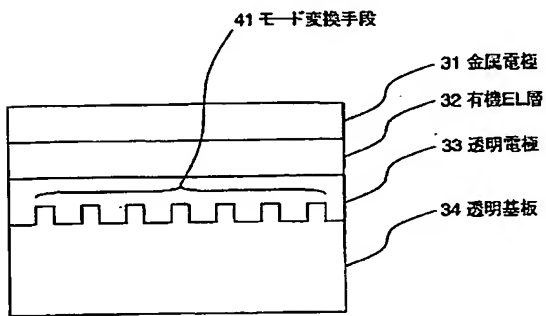




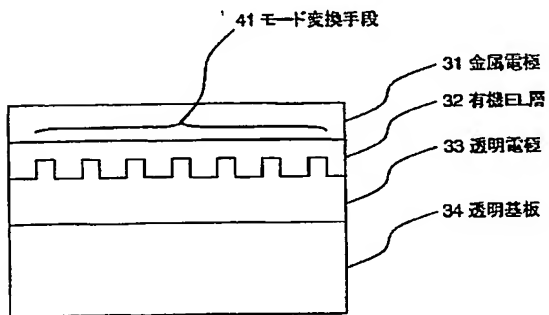
【図 3 3】



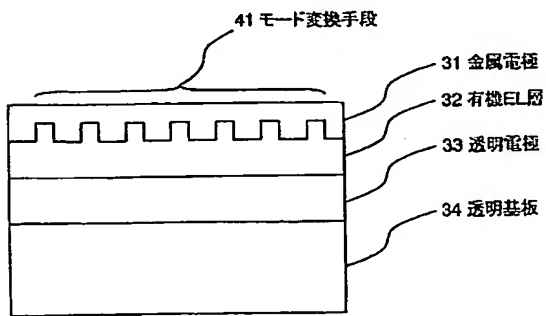
【図 3 4】



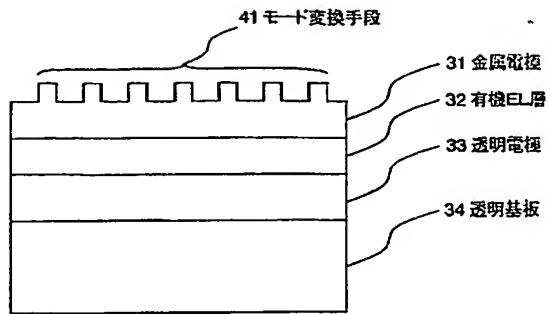
【図 3 5】



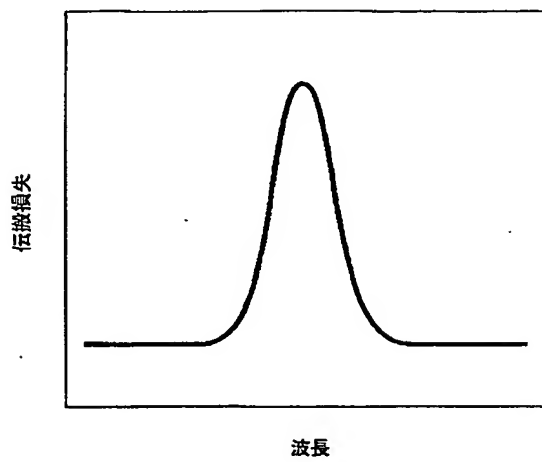
【図 3 6】



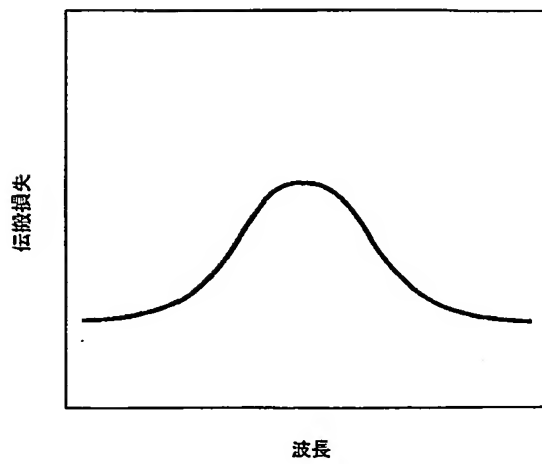
【図 37】



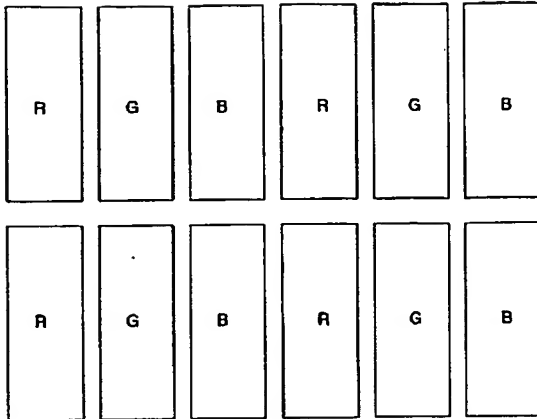
【図 38】



【図 39】



【図 40】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 有機EL発光素子では、透明電極として使用されるITO (Indium Tin Oxide) の屈折率が透明基板として使用されるガラス基板の屈折率1.5よりも高い2.0程度であることから、透明電極からガラス基板へ向かう光の大部分が透明電極近傍を伝搬する透明電極導波モードとなって、透明電極からガラス基板に放射されない。本発明は、従来の有機EL発光素子等の発光素子の光取り出し効率が低いことを解決するために、モード変換手段を用いて有機EL発光素子等の発光素子からの光取り出し効率の向上を図ることを目的とする。

【解決手段】 本発明は、基板上に、少なくとも、発光層を有する発光素子であって、該基板の内部、該発光層の内部、又はこれらの界面に導波モードから放射モードへ変換するモード変換手段を備える発光素子である。

【選択図】 図3

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2003-083375
受付番号	50300483838
書類名	特許願
担当官	山内 孝夫 7676
作成日	平成15年 7月14日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成15年 3月25日

特願2003-083375

出願人履歴情報

識別番号

[391012442]

1. 変更年月日

1991年 1月22日

[変更理由]

新規登録

住所

京都府京都市左京区吉田本町36の1番地

氏名

京都大学長

特願2003-083375

出願人履歴情報

識別番号

[000004226]

1. 変更年月日

1999年 7月15日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

氏 名

日本電信電話株式会社

特願 2003-083375

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000005016]

1. 変更年月日

1990年 8月31日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都目黒区目黒1丁目4番1号

氏 名

バイオニア株式会社



特願2003-083375

出願人履歴情報

識別番号

[000005108]

1. 変更年月日

1990年 8月31日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

氏 名

株式会社日立製作所

特願2003-083375

出願人履歴情報

識別番号

[000005968]

- |          |                   |
|----------|-------------------|
| 1. 変更年月日 | 1994年10月20日       |
| [変更理由]   | 名称変更              |
| 住 所      | 東京都千代田区丸の内二丁目5番2号 |
| 氏 名      | 三菱化学株式会社          |
| 2. 変更年月日 | 2003年10月10日       |
| [変更理由]   | 住所変更              |
| 住 所      | 東京都港区芝五丁目33番8号    |
| 氏 名      | 三菱化学株式会社          |

特願 2 0 0 3 - 0 8 3 3 7 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 1 1 6 0 2 4 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

京都府京都市右京区西院溝崎町 2 1 番地

氏 名

ローム株式会社